

**PCT**

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

Oficina Internacional

SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACION  
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(51) Clasificación Internacional de Patentes 6 :  <b>B05B 7/06</b>		A1	(11) Número de publicación internacional: <b>WO 97/43048</b>
			(43) Fecha de publicación internacional: 20 de Noviembre de 1997 (20.11.97)
(21) Solicitud internacional: PCT/ES97/00034		(81) Estados designados: CA, JP, US, Patente europea (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Fecha de la presentación internacional: 18 de Febrero de 1997 (18.02.97)		Publicada <i>Con informe de búsqueda internacional.</i>	
(30) Datos relativos a la prioridad: P 9601101 13 de Mayo de 1996 (13.05.96) ES			
(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): UNIVERSIDAD DE SEVILLA, VICERRECTORADO DE INVESTIGACION [ES/ES]; Valparaiso, 5, 2º Planta, E-41013 Sevilla (ES).			
(72) Inventores; e (75) Inventores/solicitantes (sólo US): GAÑAN CALVO, Alfonso [ES/ES]; Camilo José Cela, 4, bloque 8, 3º A, E-41018 Sevilla (ES). BARRERO RIPOLL, Antonio [ES/ES]; Camilo José Cela, 6, bloque 2, 2º B, E-41018 Sevilla (ES).			
(54) Title: LIQUID ATOMIZATION PROCESS			
(54) Título: PROCEDIMIENTO DE ATOMIZACION DE LIQUIDOS			
(57) Abstract			
<p>The object of the present invention is a liquid atomization process based on the formation of a capilar microjet upon sucking a liquid by means of a high speed gas flow through a small diameter orifice. According to a parametric determination, the liquid sucked forms a stationary capilar jet having a very small diameter, and accelerated and stabilized by the tangential viscous efforts exerted by the gas on the liquid surface, going through the orifice and coming out to the outside wherein finally the microjet is broken up into microdroplets having an extremely small size and scarce dispersity. The disclosed process applies to all mechanisms requiring homogenous atomization of liquids and specially to the electronic injection of fuel.</p>			

**(57) Resumen**

El objeto de la presente invención es un procedimiento de atomización de líquidos basado en el aprovechamiento de la formación de un microchorro capilar cuando se succiona un líquido usando un flujo de gas a alta velocidad a través de un orificio de pequeño diámetro. Según una determinación paramétrica, el líquido succionado forma un chorro capilar estacionario de diámetro muy pequeño, acelerado y estabilizado por los esfuerzos tangenciales viscosos ejercidos por el gas sobre la superficie del líquido, atravesando el orificio y saliendo al exterior, donde finalmente se rompe en microgotas de tamaño extremadamente pequeño y escasa dispersidad. El procedimiento de la invención es de aplicación en todos los mecanismos que requieran atomización homogénea de líquidos y especialmente en la inyección electrónica de combustible.

**UNICAMENTE PARA INFORMACION**

Códigos utilizados para identificar a los Estados parte en el PCT en las páginas de portada de los folletos en los cuales se publican las solicitudes internacionales en el marco del PCT.

AL	Albania	ES	España	LS	Lesotho	SI	Eslovenia
AM	Armenia	FI	Finlandia	LT	Lituania	SK	Eslovaquia
AT	Austria	FR	Francia	LU	Luxemburgo	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabón	LV	Letonia	SZ	Swazilandia
AZ	Azerbaiyán	GB	Reino Unido	MC	Mónaco	TD	Chad
BA	Bosnia y Herzegovina	GE	Georgia	MD	República de Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tayikistán
BE	Bélgica	GN	Guinea	MK	Ex República Yugoslava de Macedonia	TM	Turkmenistán
BF	Burkina Faso	GR	Grecia	MN	Mongolia	TR	Turquía
BG	Bulgaria	HU	Hungría	ML	Malí	TT	Trinidad y Tabago
BJ	Benín	IE	Irlanda	MN	Mauritania	UA	Ucrania
BR	Brasil	IL	Israel	MR	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarús	IS	Islandia	MW	Méjico	US	Estados Unidos de América
CA	Canadá	IT	Italia	MX	Níger	UZ	Uzbekistán
CF	República Centroafricana	JP	Japón	NE	Noruega	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NI	Países Bajos	YU	Yugoslavia
CH	Suiza	KG	Kirguistán	NO	Nueva Zelanda	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	República Popular Democrática de Corea	PL	Polonia		
CM	Camerún	KR	República de Corea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakstán	RO	Rumania		
CU	Cuba	LC	Santa Lucía	RU	Federación de Rusia		
CZ	República Checa	LI	Liechtenstein	SD	Sudán		
DE	Alemania	LK	Sri Lanka	SE	Suecia		
DK	Dinamarca	LR	Liberia	SG	Singapur		

**Memoria Descriptiva****TITULO**

5

Procedimiento de atomización de líquidos

**OBJETO DE LA INVENCION**

10 El objeto de la presente invención es un procedimiento de atomización de líquidos por el que según la selección de parámetros geométricos y propiedades físicas el líquido a atomizar atraviesa un orificio en forma de microchorro capilar continuo y estable. El procedimiento está basado en la microsucción que experimenta una interfase liquido-gas cuando el gas es succionado desde un punto (orificio) cercano a la superficie del líquido. El procedimiento de la invención es de aplicación en todos los mecanismos que requieran atomización homogénea de líquidos y especialmente en la inyección electrónica de combustible.

**ESTADO DE LA TECNICA**

20

El fenómeno de la succión combinada de una entrefase entre dos fluidos inmiscibles (líquido-líquido, o líquido-gas), recientemente estudiado por autores como E. O. Tuck y J.-M. Vanden Broek ("A cusp-like free surface flow due to a submerged source or sink", J. Austral. Math. Soc. Ser. B, 25, 443-450, 1984), L. K. Forbes y G. C. Hocking ("Flow caused by a point sink in a fluid having a free surface", J. Austral. Mathe Soc. Ser. B, 32, 231-249, 1990), o T. J. Singler y J. F. Geer Singler ("A hybrd perturbation-Galerkin solution to a problem in selective withdrawal", Phys. Fluids A, 5, 1156-1166, 1993), es reconocido como un caso particular de un fenómeno más genérico de inestabilidad de una entrefase llamado 25 *selective withdrawal/combined withdrawal* (succión selectiva/succión combinada). Los estudios publicados en este campo se centran fundamentalmente en la

determinación paramétrica (distancia del sumidero a la superficie libre, relación de densidades de los fluidos, tensión superficial entre los fluidos, etc.) del momento del inicio de la succión combinada, esto es, el arrastre del fluido situado detrás de la 5 superficie libre, cuando el fluido situado delante es succionado a una cierta distancia de aquélla. Sin embargo, no se tiene noticia de un estudio centrado en la fluidodinámica del microchorro que se genera en el momento en que empieza la succión combinada. Precisamente la observación y el estudio de este microchorro, sus peculiares características y su potencial aplicación ha sido lo que ha dado lugar al 10 procedimiento de atomización que aquí se propone.

Los métodos de atomización existentes convierten siempre la energía que se suministra al sistema (energía cinética del gas en los atomizadores neumáticos; eléctrica en los sónicos y ultrasónicos piezoelectrinos; mecánica en los rotativos; electrostática en los atomizadores electrohidrodinámicos, etc.) en energía libre de 15 tensión superficial, ya que la superficie líquido-gas aumenta drásticamente en estos procesos. En términos del grado de desorden resultante, también se degrada una porción de la energía en la dispersión estadística de los tamaños de gota resultantes. Dependiendo de la naturaleza más o menos desordenada y rápida, o progresiva y eficaz, de los procesos de transferencia de esas energías a energía libre superficial, 20 los esprays resultantes tienen unas características que los hacen más adecuados a unos u otros usos.

En general, se pretende que el espray tenga un tamaño de gotas pequeño y uniforme. El tamaño pequeño está siempre en conflicto con un alto flujo de líquido a ser atomizado, ya que esto representa un elevado consumo de energía por unidad 25 de tiempo. Por otro lado, el tamaño uniforme requiere procesos progresivos, no turbulentos o con elevada aleatoriedad, lo que está reñido con la conversión rápida de energía volumétrica en energía superficial (compatible con los altos caudales de líquido que se requieren en muchos casos) o con la simplicidad tecnológica del atomizador utilizado. Existe una gran correlación entre simplicidad mecánica del 30 atomizador, su mayor velocidad, y el mayor grado de irreversibilidad o aleatoriedad del proceso de atomización.

- Los atomizadores neumáticos hasta ahora investigados y desarrollados, por ejemplo, el simple coaxial de S. Nukiyama y Y. Tanasawa ("Experiments on the atomization of liquids in an airstream", Trans. Soc. Mech. Eng. Jpn. 5, 68-75, 1939), los del tipo *airblast* investigados por L. D. Wigg("Drop--size predictions for twin fluid atomizers", J. Inst. Fuel, 27, 500-505, 1964), G. E. Lorenzetto y A. H. Lefebvre ("Measurements of drop size on a plain jet airblast atomizer, AIAA J. 15, 1006-1010 , 1977), A. K. Jasuja ("Plain--jet airblast atomization of alternative liquid petroleum fuels under high ambient air pressure conditions", ASME Paper 82-GT-32, 1982), o por N. K. Risk y A. H. Lefebvre ("Spray characteristics of plain-jet airblast atomizers", Trans. ASME J. Eng. Gas Turbines Power, 106, 639-644, 1984) entre otros muchos, o el presentado por A. Ünal ("Flow separation and liquid rundown in a gas-atomization process", Metall. Trans. B, 20B, 613-622, 1989) en el que se describe un proceso de atomización coaxial de metal líquido usando flujo supersónico de gas, involucran un proceso de rotura de la entrefase en cascada desde altos números de Weber, hasta números de Weber de orden unidad, que se consiguen cuando los diámetros de las gotas tienen una longitud característica tal que las fuerzas de tensión superficial se igualan a la inercia relativa del gas respecto del líquido.
- Estos procesos en cascada, que tienen lugar en los atomizadores neumáticos existentes, se caracterizan por la elevada naturaleza turbulenta de los flujos y por su aleatoriedad, lo que produce una gran dispersión de tamaños en el atomizado resultante.
- Otra desventaja fundamental es la limitación de tamaños (medias por encima de las 20 micras en los mejores casos).
- Los atomizadores sónicos y ultrasónicos (*whistling atomizers*) tienen como principales inconvenientes la sonoridad del sistema, su relativa complejidad (utilización de generadores de onda y sistemas piezoelectrinos para la excitación del chorro capilar emitido) y el límite mínimo de tamaño alcanzable (diámetros de gota del orden de 50 $\mu\text{m}$ ).
- Un nuevo sistema de atomización que también consigue tamaños de gota extraordinariamente pequeños y monodispersos es la atomización electrostática o

electrospray. Existen patentes para este sistema (M. L. Colclough, T. J. Noakes, "Apparatus and process for producing powders and other granular materials", European Patent Application 87305187.4, 1987). La desventaja fundamental de este 5 método en muchas aplicaciones es que se requiere el uso de una fuente de corriente continua de alto voltaje (con todos los inconvenientes que ésto conlleva) y que las gotas generadas están altamente cargadas, por lo que se requieren sistemas de descarga (e. g. coronas eléctricas) que agravan aún más los problemas de complejidad, peso y manipulabilidad que ya posee este sistema.

10

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención es un procedimiento de atomización de líquidos mediante la succión del líquido a atomizar por un flujo de gas. Según este 15 procedimiento el líquido a atomizar fluye a través de una punta de alimentación contenida en una cámara de impulsión, estando dicha punta de alimentación enfrentada a un orificio que pone en comunicación dicha cámara de impulsión, por la que fluye el gas de succión que rodea al chorro de líquido a atomizar procedente de la punta de alimentación, con la zona en la que se obtiene el atomizado.

20 Mediante el procedimiento que se quiere proteger se consiguen unas gotas de un tamaño extraordinariamente pequeño (puede llegarse a menos de una micra de diámetro), y una gran monodispersidad que, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, tienen una desviación estándar del 10 al 30% a lo cual se añade la simplicidad y economía de un sistema neumático. Como ventaja adicional, el tamaño 25 puede controlarse a voluntad mediante el caudal de líquido inyectado y la caída de presión a lo largo de la cámara de impulsión desde la que se succiona concéntricamente y de forma axial el chorro de líquido.

El microchorro capilar es acelerado y estabilizado por los esfuerzos tangenciales viscosos ejercidos por el gas sobre la superficie del líquido, atravesando 30 el orificio y saliendo al exterior, donde finalmente se rompe en microgotas con las siguientes propiedades:

1. Tienen un tamaño extraordinariamente pequeño (pueden alcanzarse tamaños del orden de la micra) ya que son generadas a partir de la rotura de un microchorro capilar.
- 5 2. La dispersión de tamaños es pequeña si el diámetro del chorro es estacionario, lo cual ocurre siempre que el caudal de líquido suministrado lo sea.

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN**

10 La formación del microchorro y su aceleración se basa en la abrupta disminución de presión asociada a la aceleración brusca que experimenta el gas al entrar en el orificio. Esto provoca una elevada diferencia de presiones entre el líquido y el gas, lo que crea una zona de alta curvatura en la superficie del líquido cercana al orificio, formándose un punto cúspide del que fluirá un microchorro 15 estacionario si se suministra la misma cantidad de líquido que el orificio succiona.

Se utiliza una ventana paramétrica (un conjunto de valores especiales de las propiedades del líquido, caudal suministrado, diámetro de la aguja de alimentación, tamaño del orificio, relación de presiones, etc.), suficientemente amplia como para poder aplicarla a casi cualquier líquido (viscosidades dinámicas de  $10^4$  a  $1 \text{ Kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) 20), tal que el microchorro capilar que surge de la gota situada en el extremo de la aguja de alimentación es absolutamente estable (de forma que las perturbaciones del proceso de rotura del chorro no pueden evolucionar aguas arriba) y, aguas abajo, el microchorro se rompe en gotas de forma regular por simple inestabilidad capilar (por ejemplo, ver Llord Rayleigh "On the instability of jets", Proc. London Math. Soc. 25 4-13, 1878), de la misma forma que lo hace un chorro capilar laminar cayendo de un grifo semiabierto.

Cuando se establece el régimen estacionario, estable, el microchorro capilar que emerge del extremo de la gota situada en la boquilla de salida de la punta de alimentación es succionado concéntricamente hacia el interior de la tobera. En la 30 evolución del chorro desde que emerge de la gota, el líquido es acelerado por las fuerzas de arrastre tangenciales que provoca la corriente de gas sobre su superficie, disminuyendo progresivamente la sección transversal del chorro. Sorprendentemente,

esta disminución de radio que experimenta el chorro es potenciada por otro efecto diferente, el aumento del salto de presiones a través de la entrefase líquido-gas al disminuir la presión del gas cuando es acelerado en la microtubería. El líquido sufre 5 una aceleración y una disminución de presión de mucha menor cuantía que el gas ya que aquél es acelerado sólo por fuerzas viscosas tangenciales.

- A su vez, el flujo de gas debe ejercer sobre la superficie del líquido unas fuerzas lo suficientemente estacionarias como para no provocar oscilaciones de la superficie, por lo que la turbulencia en el movimiento del gas debe estar inhibida:
- 10 aunque la velocidad del gas sea alta, los tamaños característicos del orificio deben ser tales que el movimiento del gas resulte laminar, igual que las capas límite formadas sobre el chorro y en la superficie interior de la tubería u orificio.

En resumen, el flujo de gas, que produce la succión del líquido y su posterior aceleración cuando se forma el chorro, debe ser muy rápido pero uniforme para no 15 provocar perturbaciones de la frágil entrefase capilar (la superficie de la gota de la que emana el chorro), lo cual podría provocar su rotura. Por tanto, las fuerzas dinámicas del gas deben ser como máximo del orden de las de tensión superficial en todo el proceso (gota y microchorro). En términos de números adimensionales fluidodinámicos, el número de Weber (cociente entre las fuerzas dinámicas y las de 20 tensión superficial) debe ser a lo sumo de orden unidad en todo el proceso. En el microchorro es inevitable que el número de Weber sea de orden unidad porque la caída de presión del gas es del orden del efecto de la tensión superficial:

$$25 \quad \frac{2\gamma}{d_j} \sim \frac{1}{2} \rho v_g^2$$

donde  $\gamma$  y  $\rho$  son la tensión superficial y la densidad del líquido, respectivamente, y  $d_j$  y  $v_g$  son el diámetro característico del chorro y la velocidad característica del gas, respectivamente. Por otra parte, las velocidades del gas alrededor de la gota que 30 da lugar al chorro, deben estar en relación con las velocidades del gas en el orificio a través de la relación de áreas:  $V_g D_o^2 \sim v_g d_o^2$ , donde  $V_g$  es la velocidad del gas alrededor de la gota, y  $D_o$  y  $d_o$  son los diámetros de la punta de alimentación y del

orificio, respectivamente. Como las máximas velocidades posibles del gas en la zona de entrada al orificio son del orden de la velocidad del sonido, se tiene:

5

$$V_s \sim \left( \frac{d_o}{D_o} \right)^2 \times 320 \text{ m/s}$$

y para el diámetro del chorro:

10

$$d_j \sim \frac{4\gamma}{\rho_g v_g^2} \sim \frac{4 \times 2 \times 10^{-2}}{1.2 \times 320^2} \sim 0.5 \mu\text{m}$$

(Heptano:  $\gamma = 2 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$ )

Esto indica que pueden alcanzarse tamaños micrométricos.

15

En el límite de los menores diámetros alcanzables por este sistema, del orden del espesor de la capa límite, las energías cinéticas de líquido y gas, por unidad de volumen, deben ser del mismo orden. De este modo, resultan velocidades del líquido  $v_l$  del orden:

20

$$v_l \sim \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} v_g \right)^{1/2} \sim 10 \text{ m/s}$$

25 donde  $\rho_l$  es la densidad del líquido, lo cual resulta en caudales de líquido del orden:

$$Q_l \sim d_j^2 v_l \sim 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}$$

30 para los tamaños de gota mínimos.

El flujo de gas debe ser laminar, de manera que no se desarrolle un régimen turbulento (las fluctuaciones turbulentas del flujo gaseoso, de alta frecuencia,

perturbarían la entrefase líquido-gas). Los números de Reynolds que se alcanzan en el orificio son del orden de

5

$$Re = \frac{\nu_g d_0}{\nu_g} \sim 4000$$

donde  $\nu_g$  es la viscosidad cinemática del gas. Aunque este número es alto, los gradientes de presión son muy grandes a favor de corriente (geometría muy convergente), por lo que está muy lejos de desarrollarse un régimen turbulento.

La diferencia esencial con los atomizadores neumáticos existentes (caracterizados por altos números de Weber) es precisamente que no se busca la ruptura de la entrefase líquido-gas, sino todo lo contrario. Se busca favorecer la estabilidad de la entrefase líquido-gas hasta que se produce un chorro capilar. Este chorro, de muy pequeño diámetro si se producen succiones con caídas de presión lo suficientemente elevadas, se romperá en gotas cuyo tamaño será muchísimo más homogéneo que los tamaños resultantes de la ruptura desordenada de la entrefase líquido-gas que tiene lugar en los atomizadores neumáticos existentes.

El procedimiento, según la presente invención, para la atomización de líquidos permite su utilización en la inyección electrónica de combustible, así como en la construcción de inhaladores de productos terapéuticos, anestesias, nebulizadores para análisis químicos, etc.

Asimismo la presente invención permite la producción masiva de polvos cerámicos y semiconductores para sinterización, de aplicación en la fabricación de materiales cerámicos, semiconductores, plásticos, etc...

#### **Explicación de las figuras:**

Para complementar la descripción que se está realizando, y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un plano que, con carácter ilustrativo y no limitativo, recoge un modelo de prototipo.

**Figura 1:** representación esquemática de un prototipo de atomizador

1. Aguja de alimentación.
2. Extremo de la aguja de alimentación por el que se introduce el líquido a atomizar.
- 5 3. Cámara de impulsión.
4. Orificio por el que se introduce el gas.
5. Extremo de la aguja de alimentación por el que sale el líquido a atomizar.
6. Orificio en el cual se produce la microsucción.
7. Atomizado (espray)
- 10  $D_o$ =Diámetro de la aguja de alimentación;  $d_o$ =Diámetro del orificio a través del cual pasa el microchorro;  $e$ =Longitud axial del orificio en el que se produce la succión;  $H$ =Distancia de la aguja de alimentación al orificio de salida del microchorro;  $P_0$ =presión en el interior de la cámara de impulsión;  $P_a$ =presión atmosférica.

## 15 EJEMPLOS DE REALIZACION DE LA INVENCION

El sistema de atomización propuesto requiere obviamente el suministro de unos caudales del líquido a atomizar y del gas que vaya a emplearse en el espray resultante. Ambos caudales deben ser:

- 20 - Los apropiados para que el sistema esté dentro de la ventana paramétrica de estabilidad. Puede recurrirse a la multiplexión si los caudales requeridos son superiores a los de una celda individual.
- Los apropiados para que la relación básica de ambos esté dentro de las especificaciones de cada aplicación. Por supuesto, puede suministrarse un mayor caudal de gas
- 25 externamente por cualquier medio en aplicaciones específicas (combustión, inhalación de medicamentos, etc.) ya que esto no interfiere en el funcionamiento del atomizador.
- Si se varían los caudales, el tiempo característico de esa variación debe ser menor que los tiempos hidrodinámicos de residencia de líquido y gas en el microchorro, y
- 30 menor que el inverso de la primera frecuencia natural de oscilación de la gota formada en el extremo de la aguja de inyección.

Por tanto, pueden usarse cualesquiera métodos de suministro contínuo de gas (compresores, depósitos a presión, etc.) y de líquido (bombas volumétricas, botellas a presión). Si se requiere multiplexión, el caudal de líquido deberá ser lo más 5 homogéneo posible entre las distintas celdas, lo cual puede requerir la impulsión a través de múltiples agujas capilares, medios porosos, o cualquier otro medio capaz de distribuir un caudal homogéneo entre diferentes puntos de alimentación.

Cada dispositivo de atomización individual consistirá en una punta de alimentación (aguja capilar, punta con micro-canal abierto, micro-protuberancia en 10 un borde continuo, etc.) con un diámetro comprendido entre 0,05 y 2 mm., preferentemente entre 0,1 y 0,4 mm., en la cual pueda anclarse la gota de la que emana el microchorro, y un pequeño orificio (diámetro de 0,05 a 2 mm., preferentemente de 0,1 a 0,25 mm.), enfrentado a la gota y separado de la punta de alimentación por una distancia entre 0,1 y 2 mm., preferentemente entre 0,2 a 0,5 15 mm de distancia. El orificio pone en comunicación el gas de succión que rodea a la gota, a mayor presión, con la zona en la que se pretende obtener el atomizado, a menor presión.

Los materiales de que puede estar fabricado el atomizador son múltiples (metal, plástico, cerámica, vidrio), dependiendo fundamentalmente la elección del 20 material de la aplicación específica en la que vaya a emplearse el dispositivo.

En la figura 1 se presenta el esquema de un prototipo, ya probado, en el que el líquido a atomizar se introduce por el extremo del sistema (2), y el gas de impulsión se introduce por el orificio de entrada a la cámara de impulsión (3) al efecto (4). En este prototipo se han utilizado presiones de alimentación del gas desde 25 100 mBar a 2000 mBar por encima de la presión atmosférica  $P_a$  a la que descarga el líquido atomizado. Todo el recinto que rodea a la aguja de alimentación (1) está a una presión  $P_o > P_a$ . La presión de alimentación del líquido  $P_l$  debe ser siempre ligeramente superior a la de impulsión del gas  $P_o$ . En función de la pérdida de carga 30 en la aguja y el sistema de alimentación líquido, existe una relación lineal si el caudal es tal que el flujo es laminar (lo que ocurre en este prototipo) entre la diferencia de presiones  $P_l - P_o > 0$  y el caudal  $Q$  de líquido a atomizar. Las dimensiones fundamentales son la distancia de la aguja a la placa  $H$ , el diámetro de

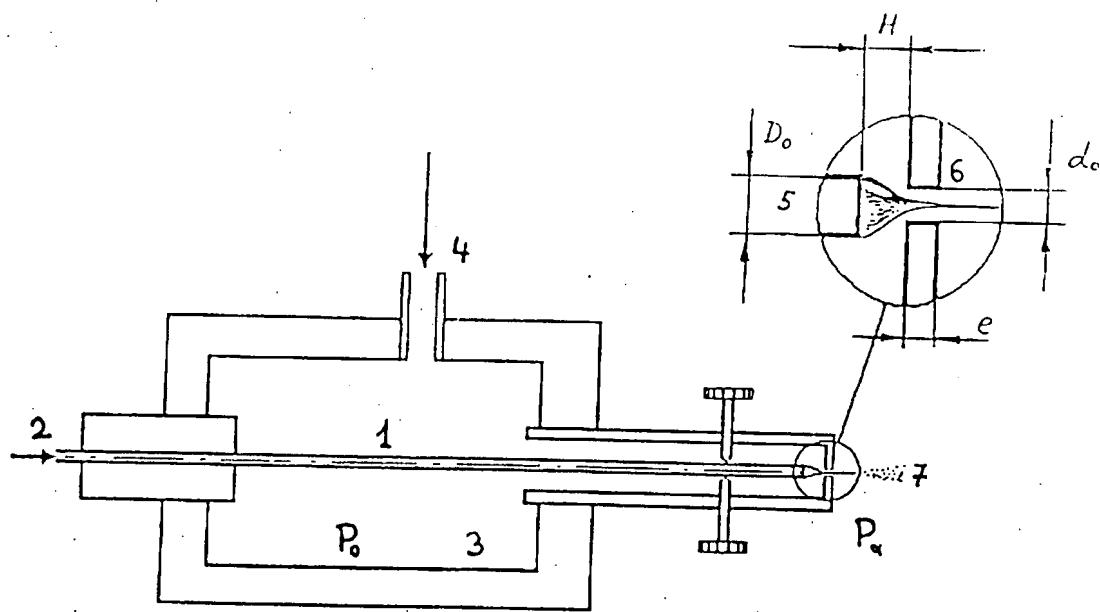
la aguja  $D_0$ , el diámetro  $d_0$  del orificio a través del cual pasa el microchorro (6), y la longitud axial  $e$  del orificio (o espesor de la placa en la que está practicado el orificio). En este prototipo, se utilizaron distancias variables  $H$  de  $0.3mm$  a  $0.7mm$ , 5 y longitudes fijas  $D_0=0.45mm$ ,  $d_0=0.22mm$  y  $e=0.55mm$ . La calidad del espray resultante (7) no presentaba diferencias medibles cuando se variaba  $H$ , siempre que se estuviera en el régimen de funcionamiento (gota y microchorro estacionarios). Si se constató una mayor inestabilidad del sistema para las distancias  $H$  mayores (en torno a  $0.7mm$ ). En cuanto al resto de las medidas del atomizador, no afectan en 10 modo alguno al espray ni al funcionamiento del sistema siempre que la zona que rodea a la aguja tenga dimensiones grandes (diámetro grande) en comparación con la aguja de alimentación.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento de atomización de líquidos mediante la succión del líquido a atomizar por un flujo de gas, caracterizado porque la selección de los parámetros geométricos y propiedades físicas del líquido permite garantizar que todo el líquido a atomizar, que fluirá a través de una punta de alimentación contenida en una cámara de impulsión, por la que fluye el gas de succión que rodea al chorro de líquido a atomizar, y enfrentada a un orificio que pone en comunicación dicha cámara de impulsión con el exterior, atraviesa dicho orificio en forma de un microchorro capilar continuo y estable.
- 2.-Procedimiento de atomización de líquidos según la reivindicación 1, caracterizado porque la viscosidad del líquido a atomizar está comprendida entre  $10^{-4}$  y  $1 \text{ Kg.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- 15 3.- Procedimiento de atomización de líquidos según reivindicación 2, caracterizado porque la viscosidad del líquido a atomizar está comprendida entre  $0,3 \cdot 10^{-3}$  y  $5 \cdot 10^{-2}$ .
- 20 4.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el diámetro de la punta de alimentación por la que fluye el líquido a atomizar está comprendido entre 0,05 y 2 mm.
- 25 5.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 4, caracterizado porque el diámetro de la punta de alimentación por la que fluye el líquido a atomizar está comprendido entre 0,1 y 0,4 mm.
- 30 6.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el diámetro del orificio enfrentado a la punta de alimentación está comprendido entre 0,05 y 2 mm.

- 7.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 6, caracterizado porque el diámetro del orificio enfrentado a la punta de alimentación está comprendido entre 0,1 y 0,25 mm.
- 5 8.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la distancia de separación entre la punta de alimentación y el orificio enfrentado está comprendida entre 0,1 y 2 mm.
- 9.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 8,
- 10 caracterizado porque la distancia de separación entre la punta de alimentación y el orificio enfrentado está comprendida entre 0,2 y 0,5 mm.
- 10.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el caudal de líquido a atomizar está comprendido entre 1 n.l.s<sup>-1</sup>
- 15 y 100  $\mu$ l.s<sup>-1</sup>.
- 11.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 10, caracterizado porque el caudal de líquido a atomizar está comprendido entre 0,01  $\mu$ l.s<sup>-1</sup> y 10  $\mu$ l.s<sup>-1</sup>.
- 20 12.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la velocidad del gas de succión esta comprendida entre 50 y 2000 m.s<sup>-1</sup>.
- 25 13.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 12, caracterizado porque la velocidad del gas de succión esta comprendida entre 100 y 500 m.s<sup>-1</sup>.
- 14.- Procedimiento de atomización de líquidos según las reivindicaciones 1 a 13,
- 30 caracterizado porque la relación entre las presiones en la cámara de obtención del atomizado y en la cámara de impulsión está comprendida entre 0 y 0,989.

1/1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 97/00034

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**IPC6 B05B7/06**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**IPC6 B05B**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**CIBEPAT, EPODOC, WPI**

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 41 28 590 A (KUMAG AG) 04 March 1993 see abstract; figures 2,4,7,11 see column 4 ----- WO 96 21516 A (GEORGIA TECH RESEARCH CORPORATION) 18 July 1996 see abstract see page 7, line 29 see page 9, line 9 - line 10 see page 11, paragraph 1 see page 14, line 23 - page 15, line 13; figures 2-4 -----	1,4,6,8, 9
P,X		1,2,6, 8-11

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  <b>20 May 1997 (20.05.97)</b>	Date of mailing of the international search report  <b>21 May 1997 (21.05.97)</b>
Name and mailing address of the ISA/  <b>S.P.T.O.</b> Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/ES 97/00034

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 249 186 A (H: IKEUCHI) 16 December 1987 see column 4, line 30 see column 8, line 30 - line 32 see column 8, line 53 - column 9, line 6; figures 3,4B,6,8A,8B see figure 10	1,4-6,8,9, 12,13
A	see column 7, line 50 - line 55	2,3,7,10, 11,14
Y	EP 0 294 690 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 14 December 1988 see abstract see column 3, line 18 - column 4, line 1; figure 1	1,4-6,8, 9,12,13
X	FR 1 011 655 A (BEVENGUT) 25 June 1952 see the whole document	1
X	GB 652 206 A (REINHOLD) 25 April 1951 see the whole document	1
	-----	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/ES 97/00034

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4128590 A	04.03.93	NONE	
WO 9621516 A	18.07.96	AU 4695696 A	31.07.96
EP 0249186 A	16.12.87	JP 62289257 A US 4783008 A	16.12.87 08.11.88
EP 0294690 A	14.12.88	US 4787404 A JP 1067272 A DE 3867321 A	29.11.88 13.03.89 13.02.92
FR 1011655 A	25.06.52	NONE	
GB 652206 A	18.04.51	NONE	

# INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°  
PCT/ES 97/00034

**A. CLASIFICACIÓN DE LA INVENCION**  
**CIP 6 B05B7/06**

Según la clasificación internacional de patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP

**B . SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BUSQUEDA**

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación )  
**CIP 6 B05B**

Otra documentación consultada además de la documentación mínima en la medida en que tales documentos forman parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónica consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos, y cuando sea aplicable, términos de búsqueda utilizados)

CIBEPAT, EPODOC, WPI

**C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES**

Categoría*	Identificación del documento, con indicación, cuando se adecuado, de los pasajes pertinentes	Nº de las reivindicaciones pertinentes
X	<b>DE 41 28 590 A (KUMAG AG) 4 Marzo 1993</b> ver resumen; figuras 2,4,7,11 ver columna 4 --- <b>WO 96 21516 A (GEORGIA TECH RESEARCH CORPORATION) 18 Julio 1996</b> ver resumen ver página 7, línea 29 ver página 9, línea 9 - línea 10 ver página 11, párrafo 1 ver página 14, línea 23 - página 15, línea 13; figuras 2-4 --- -/-/	1,4,6,8, 9
P,X	--- 	1,2,6, 8-11

En la continuación del Recuadro C se relacionan documentos adicionales

Véase el Anexo de la familia de patentes.

\* Categorías especiales de documentos citados:

- "A" documento que define el estado general de la técnica, no considerado como particularmente pertinente
- "B" documento anterior, publicado ya sea en la fecha de presentación internacional o con posterioridad a la misma
- "L" documento que puede plantear dudas sobre reivindicación(es) de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la especificada)
- "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a un exposito, a una exposición o a cualquier otro tipo de medio
- "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional, pero con posterioridad a la fecha de prioridad revindicada

- "T" documento anterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad y que no está en conflicto con la solicitud, pero que se cita para comprender el principio o la teoría que constituye la base de la invención
- "X" documento de particular importancia; la invención revindicada no puede considerarse nueva o no puede considerarse que implica actividad inventiva cuando se considera el documento individualmente
- "Y" documento de especial importancia; no puede considerarse que la invención revindicada implique actividad inventiva cuando el documento esté combinado con otro o otros documentos, cuya combinación sea evidente para un experto en la materia
- "a" documento que forma parte de la misma familia de patentes

Fecha en la que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional	Fecha de expedición del presente informe de búsqueda internacional
<b>26 Mayo 1997</b>	<b>21 MAYO 1997 (21.05.97)</b>
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional <b>OEPM C/PANAMA I 28071 MADRID, ESPAÑA</b> FAX: 34 1 3495304	Funcionario autorizado <b>LUIS J. DUEÑAS CAMPO</b> TEL.: 34 1 3495538

Formato LNE/PCT/ISA/210 (segunda fase) (Aviso de 1992)

**INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL**

Solicitud Internacional N°

PCT/ES 97/00034

**C.(comparación) DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES**

Categoria*	Identificación de los documentos citados, con indicación, cuando se adecuado, de los pasajes pertinentes	Nº de las reivindicaciones pertinentes
Y	EP 0 249 186 A (H. IKEUCHI) 16 Diciembre 1987 ver columna 4, linea 30 ver columna 8, linea 30 - linea 32 ver columna 8, linea 53 - columna 9, linea 6; figuras 3,4B,6,8A,8B ver figura 10 ver columna 7, linea 50 - linea 55 ---	1,4-6,8, 9,12,13
A	---	2,3,7, 10,11,14
Y	EP 0 294 690 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 14 Diciembre 1988 ver resumen ver columna 3, linea 18 - columna 4, linea 1; figura 1 ---	1,4-6,8, 9,12,13
X	FR 1 011 655 A (BEVENGUT) 25 Junio 1952 ver el documento completo ---	1
X	GB 652 206 A (REINHOLD) 18 Abril 1951 ver el documento completo -----	1

**INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**  
Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 97/00034

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
DE 4128590 A	04.03.93	NINGUNO	
WO 9621516 A	18.07.96	AU 4695696 A	31.07.96
EP 0249186 A	16.12.87	JP 62289257 A US 4783008 A	16.12.87 08.11.88
EP 0294690 A	14.12.88	US 4787404 A JP 1067272 A DE 3867321 A	29.11.88 13.03.89 13.02.92
FR 1011655 A	25.06.52	NINGUNO	
GB 652206 A	18.04.51	NINGUNO	